

Aus der Dermatologischen Klinik mit Poliklinik  
der Universität Erlangen - Nürnberg  
Direktor: Professor Dr. O. P. Hornstein

---

Über den Einfluß einer  
Ganzkörperbestrahlung mit kombiniertem  
ultraviolettem/infrarotem Licht  
auf das Spermogramm

Inaugural - Dissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde  
der Medizinischen Fakultät  
der Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen - Nürnberg

vorgelegt von  
Wolfgang Witt  
aus Windischeschenbach

1904



Aus der Dermatologischen Klinik mit Poliklinik  
der Universität Erlangen - Nürnberg  
Direktor: Professor Dr. O. P. Hornstein

---

# Über den Einfluß einer Ganzkörperbestrahlung mit kombiniertem ultravioletttem /infrarotem Licht auf das Spermogramm

Inaugural - Dissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde  
der Medizinischen Fakultät  
der Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen - Nürnberg

vorgelegt von  
**Wolfgang Witt**  
aus Windischeschenbach

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät  
der Universität Erlangen-Nürnberg

Dekan: Prof. Dr. F. Wolf

Referent: Prof. Dr. O.P. Hornstein

Tag der mündlichen Prüfung: 16.04.1984

## Inhaltsübersicht

### 1. Einleitung

### 2. Literaturübersicht

- 2.1. Art des Spektrums
- 2.2. Wirkung strahlender Energie
- 2.3. Wirkung auf Einzeller und Zellverbände
- 2.4. Wirkung auf die Haut
  - 2.4.1. Photosynthese von Vit D
  - 2.4.2. Reduktionsbeschleunigende Wirkung
  - 2.4.3. Lichtentzündung
  - 2.4.4. Lichtpigmentierung
  - 2.4.5. Thermische Wirkung
  - 2.4.6. Wirkung auf den Gesamtorganismus

### 3. Versuchsdurchführung und Methodik

- 3.1. Probanden
- 3.2. Versuchsdurchführung
- 3.3. Methodik
  - 3.3.1. Bestrahlung
  - 3.3.2. Messung der skrotalen Temperatur
  - 3.3.3. Auswertung des Ejakulats

### 4. Ergebnisse

- 4.1. UV-Empfindlichkeit der 10 Probanden
- 4.2. Ejakulatmengen
- 4.3. Viskositäten
- 4.4. Spermatozoenkonz.
- 4.5. Gesamtzahlen der Spermien
- 4.6. Motilität und Vitalität
- 4.7. pH-Werte
- 4.8. Fructosewerte
- 4.9. Temperatur des Skrotums

## 5. Diskussion

- 5.1. Zusammenfassung der Ergebnisse
- 5.2. Intraindividuelle Variation der Parameter
- 5.3. Direkte Wirkung der UV/IR-Strahlung
- 5.4. Indirekte Wirkung der UV/IR-Strahlung

## 6. Zusammenfassung

## 7. Literaturverzeichnis

## 1. Einleitung

Die moderne Zivilisation hat dazu geführt, daß immer mehr Menschen ihren Beruf in geschlossenen Räumen ausüben. 80 - 90 % seines Lebens verbringt der heutige Großstadtmensch in Räumen, die Sonnenstrahlen nur mit vermindertem UV-Gehalt oder gar nicht mehr zu ihm dringen lassen.

Die Industrie hat auf diesen Mangel an natürlicher Sonnenbestrahlung geantwortet mit der Herstellung von künstlichen Strahlungsquellen, Solarien, die durch Aussenden eines sonnenähnlichen Spektrums dem Großstadtmenschen einen Ausgleich geben sollen für sein Defizit an natürlicher Sonnenexposition.

Ziel dieser Arbeit war es, zu überprüfen, ob bei vernünftiger, d. h. sachgerechter Anwendung von Solarien das ausgestrahlte Strahlenspektrum einen direkten oder indirekten Einfluß auf die Spermatogenese haben könnte.

## 2. Literaturübersicht über die Wirkungsweise optischer Strahlung

### 2.1. Art des Spektrums

Die optische Strahlung wird in sichtbares Licht (Wellenlänge  $\lambda = 400\text{nm} - 760\text{nm}$ ), ultraviolettes Licht ( $\lambda = 200\text{nm} - 400\text{nm}$ ) und infrarotes Licht ( $\lambda = 760\text{nm} - 15\,000\text{nm}$ ) unterteilt.

Ultraviolettes Licht wiederum unterteilt man in langwelliges UVA ( $\lambda = 400\text{nm} - 315\text{nm}$ ), mittelwelliges UVB ( $\lambda = 315\text{nm} - 280\text{nm}$ ) und kurzwelliges UVC ( $\lambda = 280\text{nm} - 200\text{nm}$ ).

Das infrarote Licht wird in kurzwelliges IRA ( $\lambda = 760\text{nm} - 1500\text{nm}$ ), mittelwelliges IRB ( $\lambda = 1500\text{nm} - 3000\text{nm}$ ) und langwelliges IRC ( $\lambda = 3000\text{nm} - 15\,000\text{nm}$ ) eingeteilt.

### 2.2. Wirkung strahlender Energie

Bei der Emission und Absorption strahlender Energie werden diskrete (definierte) Energiebeträge, sog. Quanten (= Photonen) abgestrahlt oder aufgenommen. Die Quantenenergie des Ultraviolett regt die Atome an, indem sie Elektronen der äußeren Schale auf ein höheres Energieniveau hebt. Durch Anregung der Atome werden die den biologischen UV-Wirkungen zugrunde liegenden photochemischen Reaktionen (chem. Umwandlung oder Zerstörung von Bindungen) ausgelöst (20).

Im Gegensatz zur Quantenenergie des Ultravioletts vermag die Quantenenergie der infraroten Strahlen die Atome nur in Schwingungen zu versetzen, d. h. Wärme zu erzeugen und u. a. die Ablaufgeschwindigkeit chem. Reaktionen zu beschleunigen.

Wichtig für die Wirkung von Strahlung der oben genannten Spektralbereiche ist die Eindringtiefe der Strahlen, denn die Strahlenqualität entscheidet darüber, welches Gewebe, welches Organ erreicht wird.

Die folgende Abbildung zeigt die verschiedenen Schichten der Haut in ihrer Funktion als selektive Lichtfilter (15).

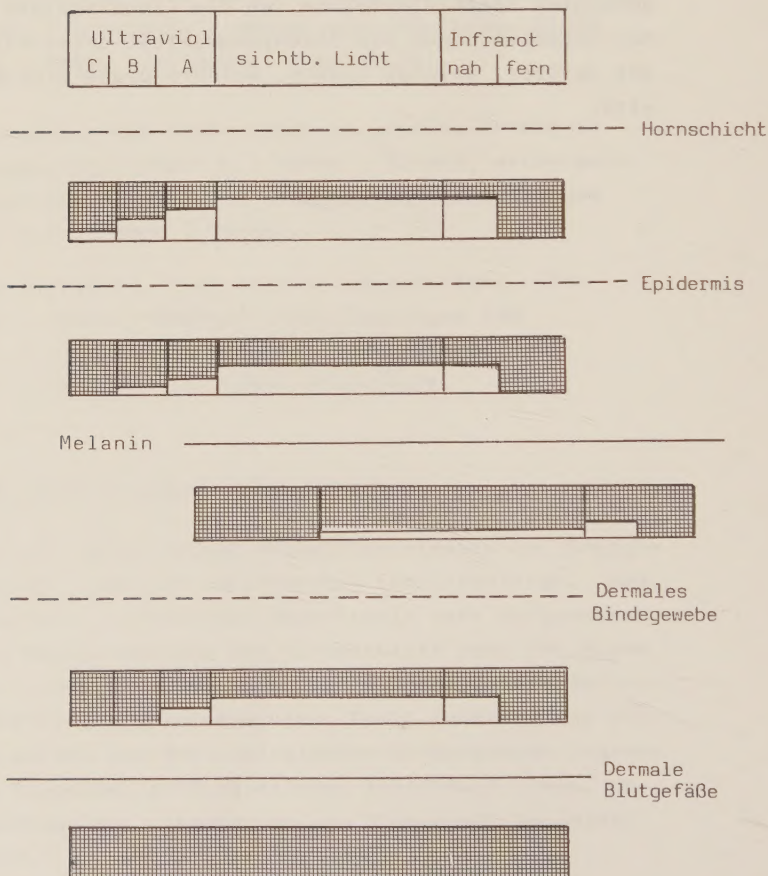


Abb. 1: Die Schichten der Haut als selektive Lichtfilter (nach Ippen, 1971)

Wie aus Abb. 1 ersichtlich, sind insgesamt fünf Filterschichten mit mehr oder weniger spez. Absorption vorhanden, so daß nach anfänglicher Abschwächung v. a. der besonders kurz- oder langwelligen Bereiche das Kapillarsystem der Haut den gesamten Rest absorbiert. Daraus folgt, daß eine direkte Lichteinwirkung nur an den äußeren Hautschichten eintreten kann. Kein Teil der als Licht bezeichneten elektromagnetischen Wellen erreicht auch nur annähernd eine Halbwertstiefe von einem Millimeter. Der höchste Wert, für etwa 800nm, die langwellige Grenze der Sichtbarkeit, liegt bei 0,2 mm (15).

Neben der Absorption wird das Licht in erheblichem Umfange reflektiert und gestreut (15). Vorgänge, durch die Lichtenergie ohne Beeinflussung von Zellbestandteilen wirkungslos wird. Denn nach dem Gesetz von Grotthus kann nur der absorbierte Teil der Strahlung biologisch wirksam werden (20).

Aus diesen physikalischen und photobiologischen Grundtatsachen ergeben sich für die Lichttherapie folgende Postulate (15):

- Eine direkte Lichtwirkung ist bei intakter Körperoberfläche nur in der Haut zu erzielen.
- Ausgeprägte indirekte Effekte durch Freisetzung von Metaboliten sind in erster Linie von Lichtquellen mit einer kurzwelligen UV-Emission zu erwarten, da erst der Energiegehalt eines UV-Quants ausreicht, chem. Umwandlungen auszulösen.
- Reine Infrarotstrahlung beschränkt sich auf die Zufuhr von Wärme in die Haut.

Biologische Wirkungen einer Strahlung können demnach über folgende Mechanismen ablaufen:

- lokale Direktwirkung in der Haut (z. B. bei Hautkrankheiten, wie der Psoriasis oder der Acne vulgaris)
- durch Photometaboliten, die über das Kapillarsystem in den Organismus gelangen
- durch Allgemeinreaktionen auf lokale Lichtentzündung (s.u.)
- durch Energieaufnahme in die Blutbahn mit konsekutiven Veränderungen von Blutverteilung und Körpertemperatur.

### 2.3. Wirkung auf Einzeller und Zellverbände

Betrachtet man die Strahlenwirkung auf Einzeller und Zellverbände, so beobachtet man u. a. folgende Tatsachen:

- Eine bakterizide UV-Wirkung mit einem Maximum bei  $\lambda$  260nm hat für die UV-Entkeimung von Krankenzimmern, Labors, Lebensmittel usw. praktische Bedeutung gewonnen, wobei die quantitative Wirkung allerdings gering ist, da nur jeder tausendste bis zehntausendste absorbierte Quant wirksam wird (13).
- Chromosomen- und Genmutationen können bei entsprechender Dosisleistung durch Wellenlängen  $\lambda < 300$  nm mit einem Wirkungsmaximum bei 260nm, entsprechend dem Absorptionsmaximum der DNS, erreicht werden (19).
- Photoreaktivierung: Inaktivierung und andere UV-Schäden an Mikroorganismen, z. B. Mutationen,

können durch nachträgliche Bestrahlung mit Licht längerer Wellenlänge (330nm - 480nm) teilweise oder ganz wieder aufgehoben werden (5).

- Photosensibilisierung: Vorherige UV-Bestrahlung kann gegen Hitze sensibilisieren, d. h. Hitzewirkungen hervorrufen, die bei alleiniger Hitze- einwirkung nicht stattfinden (11).

#### 2.4. Wirkung auf die Haut

Zusammenfassende Darstellungen der Lichtbiologie unter besonderer Berücksichtigung der Haut stammen neben anderen von ELLINGER (6), MIESCHER (27) und Blum (2). Die wichtigsten Erscheinungen sind:

##### 2.4.1. Photosynthese von Vit. D

In der bestrahlten Haut wird das 7-Dehydrocholesterin aktiviert: Es geht unter UV-Einwirkung in das Vit. D 3 über (47). Die D-Vitamine regulieren den Calcium-Phosphat-Stoffwechsel, sie sind anti-rachitisch und in hoher Dosierung auch antitetanisch (bei Hypocalcämie) wirksam.

##### 2.4.2. Reduktionsbeschleunigende Wirkung

Reduzierbare Stoffe, welche über die Blutbahn der Haut zugeführt werden, gelangen aus den Gefäßen per diffusionem zur Keimschicht der Haut und unterliegen dort der Reduktionswirkung der Thiolgruppen. Diese Reduktionswirkung wird unter dem Einfluß des Lichtes auf das Vielfache beschleunigt (45).

Die SH-Körper der Haut (Cystein, Glutathion, ProteinSH) wirken reduzierend, indem sie Wasserstoff abgeben. Sie selbst werden dabei zu S-S-Verbindungen oxydiert.

Die Oxydation von SH-Körpern ist wahrscheinlich an der Bildung der Hornschicht beteiligt (43) und dürfte fördernd auf die Pigmentbildung wirken (32). Eine durch Licht beschleunigte entgiftungsfördernde Wirkung der Hautsulfide (S-S) wurde insbesondere von URBAN (40) diskutiert.

#### 2.4.3. Lichtentzündung

Nach Bestrahlung der Haut mit kurz- und mittellwelligem UV kommt es bei Überschreiten einer Schwellendosis nach einer Latenzzeit von bis zu 3 Stunden zu einer durch das Bestrahlungsfeld scharf begrenzten Hautentzündung. SAIDMANN (33) unterscheidet 4 Entzündungsgrade:

- rosafarbenes, flüchtiges Erythem, ohne deutliche nachfolgende Pigmentierung,
- hochrotes, einige Tage andauerndes Erythem mit nachfolgender Pigmentierung,
- blaurotes, von einem roten Hof umgebenendes, über eine Woche andauerndes, juckendes Erythem. Die nachfolgende Hyperpigmentierung wird erst später sichtbar. Die obersten Epidermisschichten stoßen sich ab.
- Verbrennung mit Bläschen- und Blasenbildung.

Prinzipiell abhängig ist die Lichtempfindlichkeit von der Hornschichtdicke, die ihrerseits abhängt von einer durch UV-Strahlung ausgelösten Zellproliferation (28), sowie von der Anzahl der Reagibilität der Kapillaren (16).

Eine Vorbestrahlung bewirkt eine reaktive Verdickung der Hornschicht und setzt damit die Lichtempfindlichkeit herab.

Generell nimmt die Empfindlichkeit vom Körperzentrum zu den Extremitäten hin ab (16) und ist auch bei gleichem Testort von Individuum zu Individuum verschieden (35).

Als Ursache für die Entstehung eines Erythems wird die Freisetzung erythemwirksamer Substanzen verantwortlich gemacht. FRAHM, SOEHRING und POEPPING (8) denken an eine Koppelung der Wirkungen von Histamin und Serotonin. Eine entzündungserregende Wirkung der Nucleinsäuren und ihrer Spaltprodukte beobachtete u. a. DRURY (4).

#### 2.4.4. Lichtpigmentierung

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen indirekter und direkter Pigmentierung (29).

Dem Erythem folgt, etwa 2 - 3 Tage nach der Bestrahlung beginnend, die sog. indirekte Pigmentierung, die nach einer knappen Woche ihr Maximum erreicht, um je nach Stärke nach einer oder mehreren Wochen wieder abzuklingen. Bei dieser indirekten Pigmentierung wird in den Melanozyten aus Tyrosin in Gegenwart von Cu-haltiger Tyrosinase durch Oxydation Dioxyphe nylalanin (DOPA) gebildet, das zu Dopachinon oxydiert wird. Über weitere farbige und farblose Zwischenstufen entsteht sodann Melanin. In der nicht bestrahlten Haut wird die Entstehung von Melanin dadurch verhindert, daß die Tyrosinase durch Sulfhydrylkörper blockiert ist. Wenn letztere durch UV-Licht, Röntgen-

oder Wärmestrahlen zerstört werden, kommt die Pigmentwirkung in Gang. Sie wird am stärksten durch Strahlung der Wellenlänge um  $\lambda$  300nm ausgelöst (3). Neben der indirekten, der Lichtentzündung zeitlich nachfolgenden Pigmentierung gibt es eine direkte, unabhängig von der Lichtentzündung und bereits unter der Bestrahlung auftretende Lichtpigmentierung. Nicht alle Menschen pigmentieren direkt (48). MIESCHER und MINDER (29) sehen in der direkten Pigmentierung eine oxydative Dunkelung farblosen Propigmentes in Gegenwart von Sauerstoff. Die direkte Pigmentierung hält wesentlich länger. Man glaubt, daß das reoxydierte Melanin reduktiven Einflüssen gegenüber besonders resistent ist (3).

Die früher vertretene Ansicht, daß Pigment einen Schutz gegen die Einwirkung von UV-Strahlen darstelle, wurde inzwischen zugunsten der Auffassung fallengelassen, wonach die sog. Lichtschwiele, eine Verdickung der Hornschicht, als eigentlicher Strahlenschutz anzusehen sei (50).

#### 2.4.5. Thermische Wirkung

Soweit die von der Haut absorbierte Energie der optischen Strahlung nicht für photochemische Reaktionen verbraucht wird, erzeugt sie Wärme. Mit zunehmender Wellenlänge überwiegt der zweite Vorgang (20).

Man unterscheidet zwischen einer passiven Erwärmung des Gewebes durch Absorption und Wärmeleitung und einer reaktiven Durchblutungssteigerung. Die erhöhte Temperatur bedingt eine lokale Stoffwechselsteigerung. Vermehrte Durchblutung fördert die Resorption und wirkt

schmerzstillend. Reflektorische Fernwirkungen auf nicht bestrahlte Hautbezirke oder/und innere Organe sind bekannt und werden therapeutisch genutzt (21).

#### 2.4.6. Wirkungen auf den Gesamtorganismus

Allgemeinreaktionen sind nicht an eine sichtbare Hautreaktion gebunden. Die meisten Fernwirkungen setzen bereits unter der Bestrahlung ein (20). Für die Mehrzahl der Fernwirkungen des Lichtes nimmt man eine Steuerung über das vegetative Nervensystem an, von welchem man annimmt, daß es durch optische Strahlung direkt beeinflussbar sei (s.u.).

Die Bildung von Vitamin D, eine verstärkte Reduktionswirkung der Hautthiole auf körpereigene Stoffe, die Freisetzung von entzündungserregenden und vasoaktiven Stoffen sowie von Zellabbauproduktion und reflektorische Gefäßerweiterungen nach UV- und IR-Erythemen sind weitere Mechanismen, die für eine Beeinflussung innerer Organe denkbar sind (20).

Im folgenden werden die Wirkungen des Lichts auf das vegetative Nervensystem, das Endokrinium, das Blutbild, den Kreislauf, die Leistungsfähigkeit und die Immunität abgehandelt.

##### 2.4.6.1. Vegetatives Nervensystem

Wegen der latenzlosen Beeinflussung vom vegetativen Nervensystem gesteuerter Funktionen kann eine direkte Beeinflussung vegetativer Nervenfasern angenommen werden (30). Eine Ganzkörperbestrahlung mit der Hg-Dampflampe (Spektrallinien zwischen 200nm und 600nm) bis

zur Ausbildung eines mäßigen Erythems führt bei Gesunden in den ersten Stunden nach der Bestrahlung zu einer sympathicotonen und etwa synchron mit dem Einsetzen des Erythems beginnend zu einer vagotonen Funktionslage (20).

Nach kombinierter Bestrahlung mit UV/IR wird eine verschobene Tonuslage zur Norm einreguliert (9).

#### 2.4.6.2. Endokrinium

Hyperthyreosen sollen durch UV/IR-Bestrahlung günstig beeinflußt werden (9). Nach WELS (44) ist eine Reaktivierung der Sexualhormone durch eine verstärkte Reduktionswirkung der belichteten Haut denkbar, nach ERDMANN et al. (7) jedoch nicht nachweisbar. BISONETTE und CSECH (1) sowie ERDMANN et al. (7) vermuten, daß der Lichteffect auf die Sexualaktivität über die Ausschüttung gonadotroper Hormone durch die Hypophyse zustande kommt, als Anpassungsreaktion auf die Beeinflussung der vegetativen Tonuslage.

Desgleichen dürfte es eventuell via Hypophyse zu einer Ausschüttung von Corticosteroiden kommen (37).

#### 2.4.6.3. Blutbild

Ein normalisierender Einfluß des UV-Lichtes auf das rote Blutbild wird angenommen, wobei jedoch UVB nur in unterschwelligen Dosen wirkt (12).

SPODE (39), der mit Albinokaninchen experimentierte, fand als Summe seiner Ergebnisse, daß Licht der Wellenlänge oberhalb 280nm (untersucht wurde bis zu 4200nm) am Blutbild Erscheinungen hervorruft, die als

Zeichen einer vegetativen Gesamtumschaltung gewertet werden können. Im einzelnen kam es zu einem Anstieg der neutrophilen und basophilen Granulozyten, bei einem Teil der untersuchten Tiere zu einem Absinken der Lymphozyten und zu einer Vermehrung der Thrombozyten.

#### 2.4.6.4. Kreislauf

Nach Untersuchungen über das Verhalten von Minutenvolumen, elastischem und peripherem Widerstand der Gefäße konnte GIERBERG (10) feststellen, daß nach Kombinationsbestrahlung (UV/IR) Abweichungen von der individuellen Norm einreguliert werden.

#### 2.4.6.5. Leistungsfähigkeit

Nach wiederholten UV-Bestrahlungen mit Erythemdosen ist der Sauerstoffverbrauch bei gleicher Arbeitsleistung vermindert. Der Sauerstoff der Atemluft wird besser ausgenützt, die  $O_2$ -Schuld wird kleiner, d.h. es tritt eine Zunahme der körperlichen Leistungsfähigkeit ein (22).

UV-Massenbestrahlungen mit dem Ziel der Leistungssteigerung und der Abwehr von Erkältungskrankheiten haben sich bei Bergleuten (36) sowie Sportlern (38) bewährt.

#### 2.4.6.6. Immunität

Eine Steigerung der Abwehrbereitschaft nach Lichtbädern wird beobachtet, die sich in einer geringeren Anfälligkeit gegen katarrhalische Infekte (s.o.) und

einer günstigen Beeinflussung bestehender Infektionen äußert. Kennntlich wird diese Wirkung u. a. in einer Steigerung des Komplementtiters im Blutserum (3).

### 3. Versuchsdurchführung und Methodik

#### 3.1. Probanden

Unsere Untersuchung umfaßte 10 Personen im Alter zwischen 23 und 31 Jahren. Die orientierende körperliche und andrologische Untersuchung insbesondere des Genitales ergab keine Auffälligkeiten. Alle Probanden waren nicht verheiratet und kinderlos.

#### 3.2. Versuchsdurchführung

Über einen Zeitraum von 6 Wochen wurden 11 Bestrahlungen mit ansteigender Dosis mittels eines Original Hanau Solarium 6030 durchgeführt. Einmal pro Woche, insgesamt 7 mal, wurden Spermiogramme der Probanden erstellt, wobei das erste Spermiogramm vor Beginn der Bestrahlung erstellt wurde und als Ausgangswert diente (s. Tab. I). Die Ejakulatgewinnung erfolgte durch Masturbation. Die Probanden hatten sich verpflichtet, eine 3-tägige sexuelle Karenz einzuhalten.

#### 3.3. Methodik

##### 3.3.1. Bestrahlung

Verwendet wurde ein Original Hanau Solarium 6030.  
Technische Daten dieses Geräts:

|                                       |        |
|---------------------------------------|--------|
| Leistung der UV-Strahler 3mal 150 W = | 450 W  |
| Gesamtleistung im UV/IR-Betrieb:      | 2700 W |
| Gesamtleistung im IR-Betrieb:         | 2500 W |

Der Bestrahlungsabstand zwischen Gerätunterkante und dem Körper des Probanden betrug etwa 1,30 m. Wir führten eine Ganzkörperbestrahlung durch. Um die individuelle Erythemschwelle zu ermitteln, begannen wir mit einer Bestrahlungszeit von 5 min/ Körperseite und der Filterstellung 3 auf der 12-teiligen Filterskala (0  $\hat{=}$  UV max. gefiltert, 12  $\hat{=}$  UV ungefiltert). Die Bestrahlungsdauer wurde um jeweils 2 min. gesteigert bis zur Erythemschwelle. Dann wurde je nach Empfindlichkeit der Probanden die Bestrahlungsdosis entweder gleichgehalten oder bei jetzt gleichbleibender Bestrahlungsdauer der Filter um eine Markierung auf der Skala weiter geöffnet. Bestrahlt wurde 2mal pro Woche in 2-tägigem Abstand.

### 3.3.2. Messung der skrotalen Temperatur

Die Messung erfolgte einmal während einer Bestrahlungsdauer von 30 min. Als Meßgerät wurde ein elektronisches Thermometer ("Temperaturmeßgerät HUGO SACHS Elektronik Nr. 7328") verwendet, das die skrotale Temperatur über einen Thermistor ermittelt, der an das Skrotum gehalten wurde.

### 3.3.3. Auswertung des Ejakulats

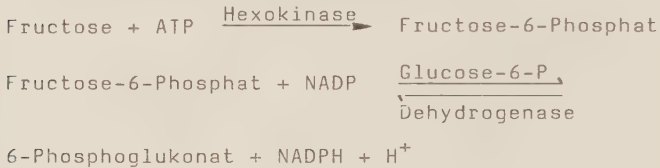
Eine Ejakulatuntersuchung wurde vor Beginn der Bestrahlungsserie (0-Wert) und dann jeweils 1mal/Woche vor dem 2. wöchentlichen Bestrahlungstermin durchgeführt.

### Arbeitsprogramm

- Volumenablesung am Weithalsglas
- Beurteilung der Viskosität nach Wiederverflüssigung des Ejakulats mit Hilfe einer 0,1 ml Pipette, mit der das Ejakulat gequirlt wird und die anschließend langsam herausgezogen wird. Bei normaler Viskosität bleibt ein verlängerter Spermatropfen an der Pipette hängen, bei erhöhter Viskosität läßt sich ein Spermafaden einige Zentimeter ausziehen.
- Der pH-Wert wurde mit Indikator-Papierstreifen bestimmt.
- Die Auszählung der Spermatozoen erfolgte mit Hilfe der Thoma-Zeiss-Zählkammer:  
Verdünnung des Ejakulats  
mit Formalin: 1/20  
Flächeninhalt der Kleinst-  
quadrate der Kammer:  $1/400 \text{ mm}^2$   
Höhe der Kammer:  $1/10 \text{ mm}$   
Anzahl der Kleinstquadrate: 256
- Die Gesamtzahl der Spermatozoen ist das Produkt aus Spermiendichte und Volumen.
- Zur Bestimmung der Quantität der Motilität (= Prozentsatz der sich bewegenden Spermien) werden bewegliche und unbewegliche Spermatozoen in 20 Gesichtsfeldern ausgezählt und ihr jeweiliger Prozentsatz errechnet.
- Die Vitalität wird durch den Eosin-Test ermittelt. Der Test beruht auf der Eigenschaft toter Spermien, wäßrige Eosinlösung in die Zelle eindringen zu lassen, während vitale Spermien den Farbstoff nicht annehmen.

200 Spermatozoen werden so unter dem Mikroskop differenziert und das Verhältnis von ungefärbten und angefärbten Spermatozoen ausgerechnet.

- Die Bestimmung des Fructosespiegels in mg/ml erfolgt durch die Hexokinase-Methode:



Die entstandene NADPH-Menge ist der Menge an Glucose bzw. Fructose äquivalent und kann daher photometrisch bestimmt werden.

Die genaue Methode zur Durchführung dieser Bestimmung wurde von WETTERAUER und HEITE (46) veröffentlicht.

Der Normalbereich variiert zwischen 1,2 und 4 mg/ml, wobei die obere Grenze nicht sicher festzulegen ist (46).

#### 4. Ergebnisse

##### 4.1. UV-Empfindlichkeit der 10 Probanden

Die Probanden wurden entsprechend ihrer Hautreaktion eingeteilt in solche von hoher, mittlerer und niedriger UV-Empfindlichkeit, wobei wir Probanden, bei denen eine 5 - 8-minütige Bestrahlung (Filterstellung 3 der 12-teiligen Skala) ein Erythem erzeugte, als hoch empfindlich, diejenigen mit dem Erstauftreten des Erythems zwischen 9 und 12 Minuten als mittelmäßig empfindlich und die, welche erst ab 13 Minuten Bestrahlungsdauer und mehr ein Erythem aufwiesen als wenig empfindlich bezeichneten. Die Probanden 1 und 2 waren demnach als hochempfindlich, die Probanden 3, 4, 5 als mittelmäßig empfindlich und die Probanden 6, 7, 8, 9, 10 als wenig empfindlich einzustufen. (Tab. 1).

Tab. 1: Bestrahlungsdaten der 10 Probanden.

(a = hohe, b = mittlere, c = niedrige UV-Empfindlichkeit, Dauer der Bestrahlung in Rücken- und Bauchlage in Minuten).

##### Gruppe a

| Bestrahlungs-<br>nr. | 1         | 2 | 3 | 4 | 5         | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 |
|----------------------|-----------|---|---|---|-----------|----|----|----|----|----|----|
|                      | Proband 1 |   |   |   | Alter: 30 |    |    |    |    |    |    |
| Rückenl.             | 5         | 7 | 7 | 7 | 8         | 10 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Bauchl.              | 5         | 7 | 7 | 7 | 8         | 10 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Filterst.            | 3         | 3 | 3 | 3 | 3         | 3  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  |

|          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
| Bestrah- | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| lungsnr. |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |

Proband 2

Alter: 31

|            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Rückenl.   | 5 | 7 | 7 | 7 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| Bauchl.    | 5 | 7 | 7 | 7 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| Filterstr. | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |

### Gruppe b

|          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
| Bestrah- | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| lungsnr. |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |

Proband 3

Alter: 25

|           |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Rückenl.  | 5 | 7 | 9 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| Bauchl.   | 5 | 7 | 9 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| Filterst. | 3 | 3 | 3 | 3  | 3  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |

Proband 4

Alter: 25

|           |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Rückenl.  | 5 | 7 | 9 | 11 | 11 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| Bauchl.   | 5 | 7 | 9 | 11 | 11 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| Filterst. | 3 | 3 | 3 | 3  | 3  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |

Proband 5

Alter: 25

|            |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Rückenl.   | 5 | 7 | 9 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| Bauchl.    | 5 | 7 | 9 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| Filterstr. | 3 | 3 | 3 | 3  | 3  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |

### Gruppe c

Proband 6

Alter: 23

|           |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Rückenl.  | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 13 | 13 | 13 | 15 | 15 | 15 |
| Bauchl.   | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 13 | 13 | 13 | 15 | 15 | 15 |
| Filterst. | 3 | 3 | 3 | 3  | 3  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |

| Bestrah-<br>lungsnr. | 1 | 2 | 3 | 4  | 5         | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 |
|----------------------|---|---|---|----|-----------|----|----|----|----|----|----|
| Proband 7            |   |   |   |    | Alter: 24 |    |    |    |    |    |    |
| Rückenl.             | 5 | 7 | 9 | 11 | 13        | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Bauchl.              | 5 | 7 | 9 | 11 | 13        | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Filterst.            | 3 | 3 | 3 | 3  | 3         | 3  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  |
| Proband 8            |   |   |   |    | Alter: 25 |    |    |    |    |    |    |
| Rückenl.             | 5 | 7 | 9 | 11 | 13        | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Bauchl.              | 5 | 7 | 9 | 11 | 13        | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Filterst.            | 3 | 3 | 3 | 3  | 3         | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |
| Proband 9            |   |   |   |    | Alter: 31 |    |    |    |    |    |    |
| Rückenl.             | 5 | 7 | 9 | 11 | 13        | 15 | 15 | 15 |    |    | 15 |
| Bauchl.              | 5 | 7 | 8 | 11 | 13        | 15 | 15 | 15 |    |    | 15 |
| Filterst.            | 3 | 3 | 3 | 3  | 3         | 3  | 4  | 5  |    |    | 6  |
| Proband 10           |   |   |   |    | Alter: 25 |    |    |    |    |    |    |
| Rückenl.             | 5 | 7 | 9 | 11 | 13        | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Bauchl.              | 5 | 7 | 9 | 11 | 13        | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Filterst.            | 3 | 3 | 3 | 3  | 3         | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 9  |

#### 4.2. Volumen

Die Ejakulatmengen bewegten sich zwischen einem Minimalwert von 2,5 ml und einem Maximalwert von 10 ml, wobei die geringste individuelle Schwankungsbreite 1 ml, die größte 3,3 ml betrug.

Ein Zusammenhang der Ejakulatmengen mit der Bestrahlungsdosis bzw. -dauer ließ sich nicht feststellen (Tab. II, Abb. 2).

Tab. II: Ejakulatmengen der 10 Probanden in ml  
( 1. Wert = Ausgangswert)

| Spermio-<br>grammnr. | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Proband 1            | 5,5 | 6,0 | 4,5 | 5,5 | 6,0 | 6,0 | 4,5 |
| 2                    | 3,0 | 2,5 | 3,7 | 3,2 | 2,7 | 3,8 | 3,0 |
| 3                    | 3,2 | 3,5 | 3,5 | 5,2 | 5,0 | 5,1 | 5,0 |
| 4                    | 4,0 | 4,5 | 4,0 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,0 |
| 5                    | 5,5 | 3,5 | 5,5 | 4,5 | 5,8 | 4,5 | 3,8 |
| 6                    | 4,3 | 4,3 | 4,5 | 4,8 | 5,0 | 4,5 | 6,0 |
| 7                    | 4,9 | 7,0 | 7,2 | 8,2 | 6,2 | 6,8 | 5,0 |
| 8                    | 7,0 | 10  | 7,2 | 10  | 8,0 | 7,0 | 8,5 |
| 9                    | 4,5 | 4,7 | 5,5 | 3,8 | 4,2 |     | 4,0 |
| 10                   | 3,0 | 3,5 | 3,0 | 3,0 | 4,0 | 3,6 | 3,0 |

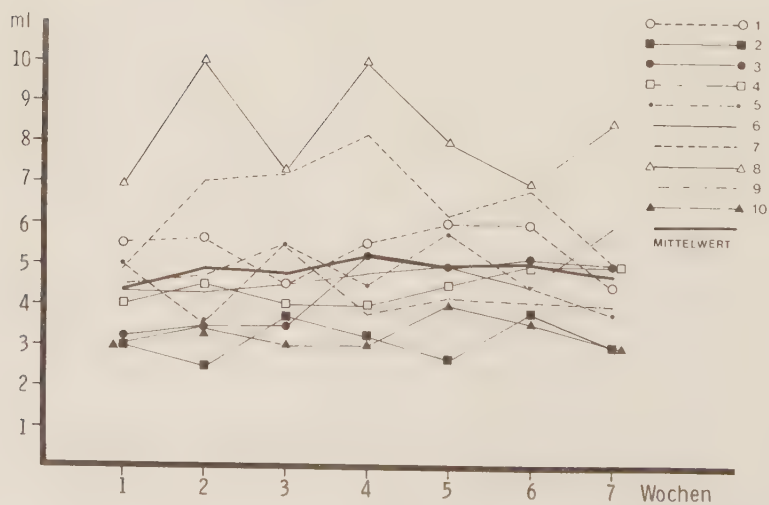


Abb. 2: Ejakulatvolumen der 10 Probanden mit  
Mittelwerten

#### 4.3. Viskosität

Die Viskosität (normal, erhöht) der Ejakulate zeigt keinen Zusammenhang mit der Bestrahlung (Tab. III).

Tab. III: Viskosität d. Ejakulate d. 10 Probanden  
( n = normal, e = erhöht)

| Spermio-<br>grammnr. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| Proband 1            | e | e | n | n | e | e | e |
| 2                    | n | n | e | n | e | n | e |
| 3                    | n | n | n | n | n | n | n |
| 4                    | n | e | e | n | e | e | e |
| 5                    | n | n | n | n | e | n | n |
| 6                    | n | n | n | n | n | n | n |
| 7                    | e | e | n | n | n | n | n |
| 8                    | n | e | n | n | n | e | n |
| 9                    | n | n | n | n | n |   | n |
| 10                   | n | n | n | n | n | n | n |

#### 4.4. Spermatozoenkonzentration

##### 4.4.1. Vergleich der Spermatozoenkonzentrationen der 10 Probanden

Wir prüften, ob im Verlauf der Spermatozoenkonzentrationen der 10 Probanden Schwankungen zu erkennen waren.

Wie aus Abb. 3 und Tab. IV ersichtlich, ergibt sich aus dem Verlauf der Mittelwertskurve der 10 Diagramme kein Hinweis für eine Beeinflussung der Spermatozoenkonzentrationen durch eine UV-Ganzkörperbestrahlung.

Demgegenüber waren bei den einzelnen Probanden z. T. wesentliche Schwankungen der Spermatozoenkonzentrationen zu erkennen. Zum Zwecke einer detaillierten Analyse unterteilten wir die Probanden einmal in Gruppen mit einer relativ hohen und einer relativ niedrigen Spermiedichte (4.4.2.), zum anderen in Gruppen mit hoher, mittlerer, niedriger UV-Empfindlichkeit (4.4.3.).

Tab. IV: Spermatozoenkonzentration/ml der 10 Probanden

| Spermio-<br>grammnr. | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Proband 1            | 20,2  | 45,2  | 25,0  | 14,0  | 17,1  | 34,3  | 18,0  |
| 2                    | 31,2  | 9,0   | 18,0  | 28,1  | 20,1  | 20,4  | 23,3  |
| 3                    | 143,7 | 125,0 | 48,5  | 156,2 | 106,2 | 106,2 | 110,0 |
| 4                    | 62,5  | 29,6  | 93,7  | 171,8 | 81,2  | 120,2 | 73,5  |
| 5                    | 19,2  | 20,2  | 53,2  | 65,5  | 51,5  | 49,8  | 48,4  |
| 6                    | 193,7 | 136,0 | 171,8 | 121,8 | 132,0 | 94,7  | 93,7  |
| 7                    | 60,0  | 84,3  | 46,8  | 32,6  | 15,6  | 26,5  | 42,1  |
| 8                    | 46,7  | 84,3  | 56,2  | 34,4  | 75,0  | 93,0  | 53,1  |
| 9                    | 43,7  | 62,5  | 65,5  | 6,2   | 45,3  |       | 107,7 |
| 10                   | 10,0  | 56,2  | 18,0  | 14,1  | 23,8  | 31,2  | 37,5  |

Spermienkonz.  
Mill./ ml

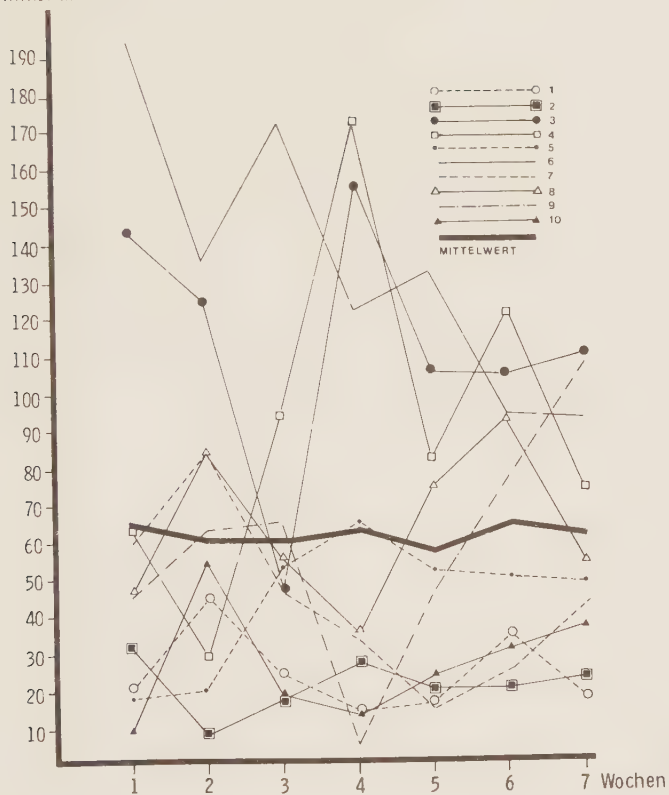


Abb. 3: Spermatozoenkonzentrationen der  
10 Probanden sowie Mittelwerte

4.4.2. Vergleich der Spermatozoenkonzentrationen  
von Probanden mit einer relativ hohen und  
einer relativ niedrigen Spermiedichte

Wir unterteilten die Probanden entsprechend der bei ihnen gefundenen Spermatozoenkonzentrationen in 2 Gruppen: Probanden mit einem relativ hohen Ausgangswert der Spermiedichte ( $> 40$  mill/ml) und Probanden mit einem relativ niedrigen Ausgangswert der Spermiedichte ( $< 40$  mill/ml). Wir wollten sehen, ob sich bei Probanden mit Tendenz zur Hypozoospermie eine Bestrahlung mit UV/IR günstig auswirken würde im Sinne einer Normalisierung der Spermatozoenkonzentrationen. Die Ergebnisse lassen keine Beziehung zwischen Samenkonzentration und Bestrahlung mit UV/IR-Licht erkennen (Abb. 4 u. 5).

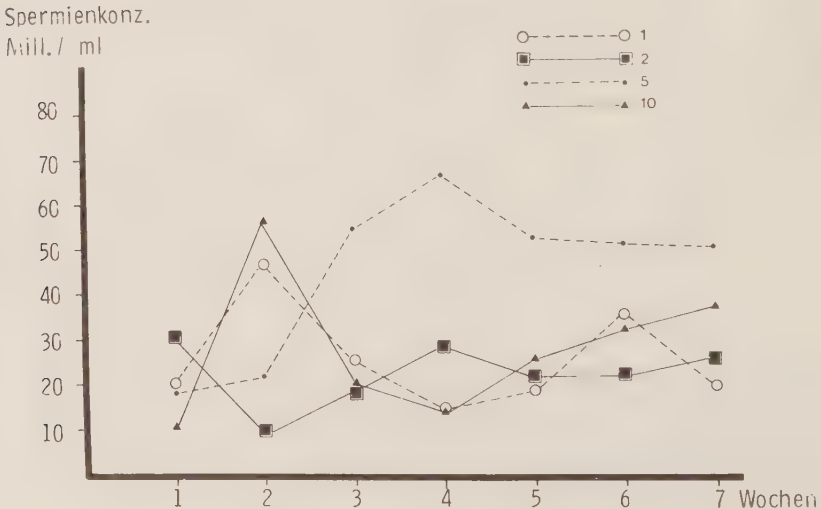


Abb. 4: Diagramme der Probanden mit einer relativ niedrigen 0-Wert-Spermienkonzentration

Spermienkonz.  
Mill./ml

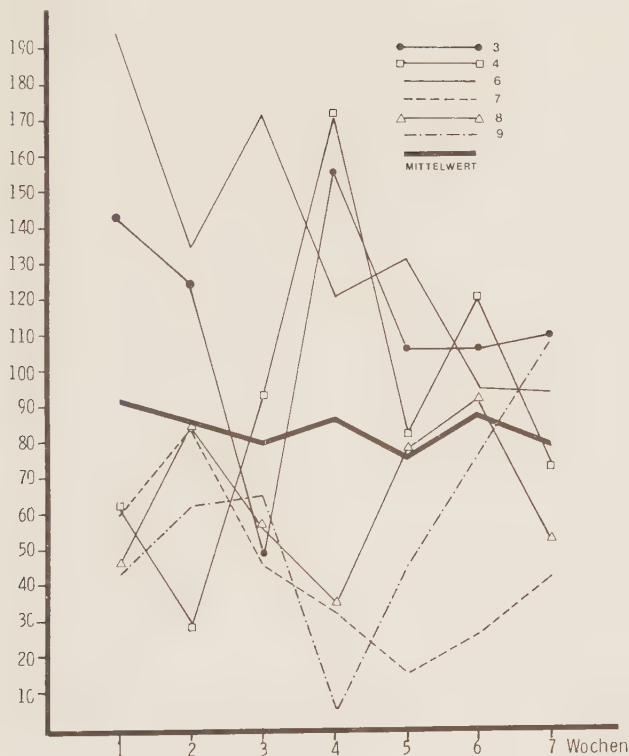


Abb. 5: Diagramme der Probanden mit einer relativ hohen O-Wert-Spermienkonzentration

#### 4.4.3. Vergleich der Spermatozoenkonzentrationen von Probanden mit hoher, mittlerer und niedriger UV-Empfindlichkeit

Schließlich interessierte uns die Frage, ob sich nach Aufschlüsselung der Probanden in Gruppen mit hoher, mittlerer und niedriger UV-Empfindlichkeit eine Abhängigkeit der Spermatozoenkonzentration von der durchgeführten UV/IR-Bestrahlung ergab.

Während bei den zwei Probanden mit hoher UV-Sensibilität (Abb. 6) keine nennenswerte Fluktuation der Werte zu beobachten ist, erkennt man bei den drei Probanden mit mittlerer UV-Sensibilität (Abb. 7) in der 4. Woche einen Anstieg der Spermatozoenkonzentration und bei den fünf Probanden mit geringer UV-Sensibilität (Abb. 8) ebenfalls in der 4. Woche einen Abfall der Spermienkonzentration.

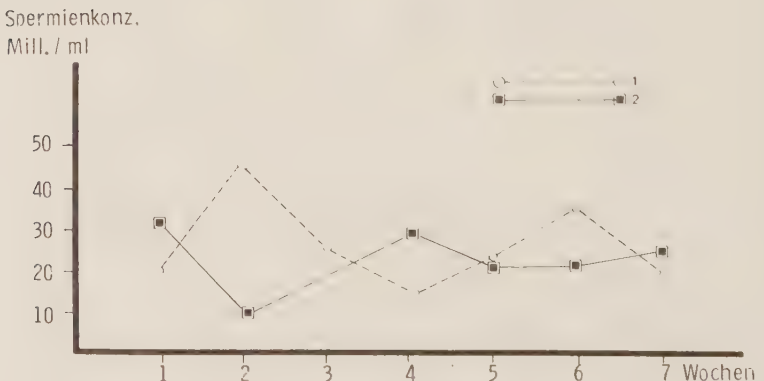


Abb. 6: Diagramme der Spermienkonzentrationen  
der Probanden mit hoher UV-Sensibilität

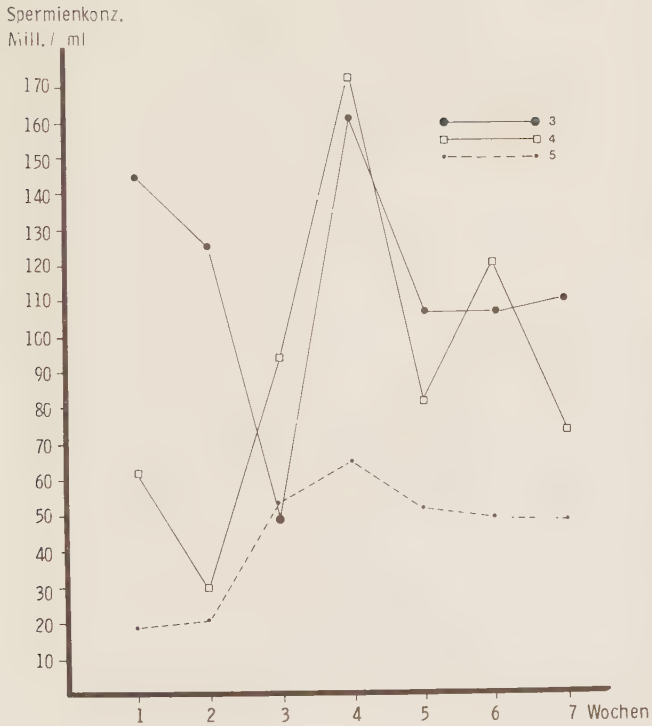


Abb. 7: Diagramme der Spermienkonzentrationen der Probanden mit mittlerer UV-Sensibilität

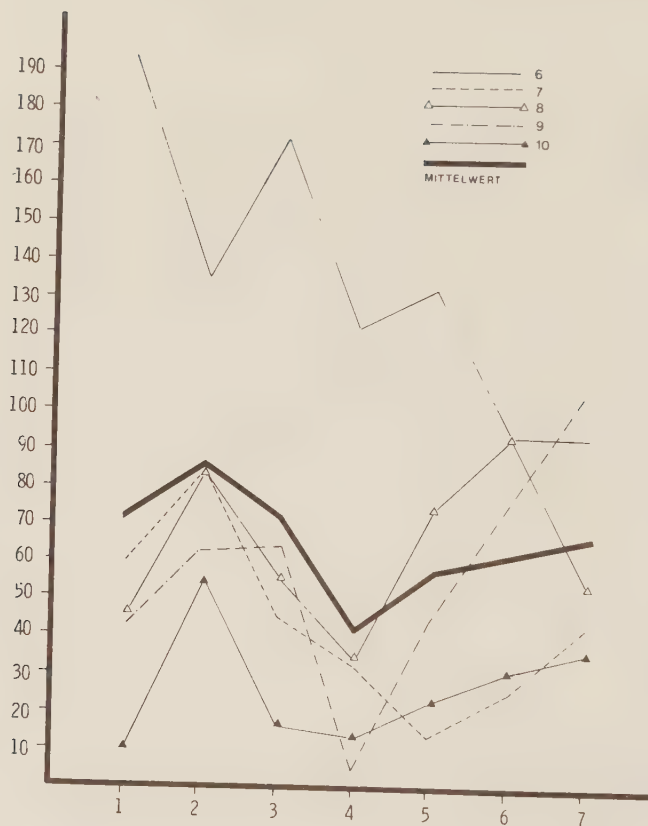


Abb. 8: Spermienkonzentrationen der Probanden mit geringer UV-Sensibilität

#### 4.5. Gesamtzahl der Spermatozoen im Ejakulat

Die Gesamtzahl der Spermatozoen zeigt ein ähnliches Bild wie die Spermienkonzentration. Die Mittelwerte bewegen sich relativ konstant um eine Gesamtzahl von 300 Mill (Tab. V, Abb. 9).

Auf eine differenzierte Analyse wie bei der Spermienkonzentration glaubten wir verzichten zu können, da die Gesamtzahl der Spermatozoen ähnlich fluktuierte wie die Spermienkonzentration.

Tab. V: Gesamtzahlen der Spermien der 10 Probanden

| Spermio-<br>grammnr. | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Proband 1            | 111,1 | 271,2 | 112,5 | 77,0  | 102,6 | 205,8 | 81,0  |
| 2                    | 93,6  | 22,5  | 66,6  | 89,9  | 54,3  | 77,5  | 69,9  |
| 3                    | 459,8 | 437,5 | 169,7 | 812,2 | 531,0 | 541,6 | 550,0 |
| 4                    | 250,0 | 133,2 | 374,8 | 687,2 | 365,4 | 601,0 | 367,5 |
| 5                    | 96,0  | 70,7  | 292,6 | 294,7 | 298,7 | 224,1 | 183,9 |
| 6                    | 832,9 | 584,8 | 773,1 | 584,6 | 660,0 | 426,7 | 562,2 |
| 7                    | 294,0 | 590,1 | 336,9 | 267,5 | 96,7  | 180,2 | 210,5 |
| 8                    | 326,9 | 843,0 | 404,6 | 344,0 | 600,0 | 651,0 | 451,3 |
| 9                    | 196,6 | 293,7 | 360,8 | 23,6  | 190,7 |       | 430,8 |
| 10                   | 30,0  | 196,7 | 54,0  | 42,5  | 95,2  | 112,3 | 112,5 |

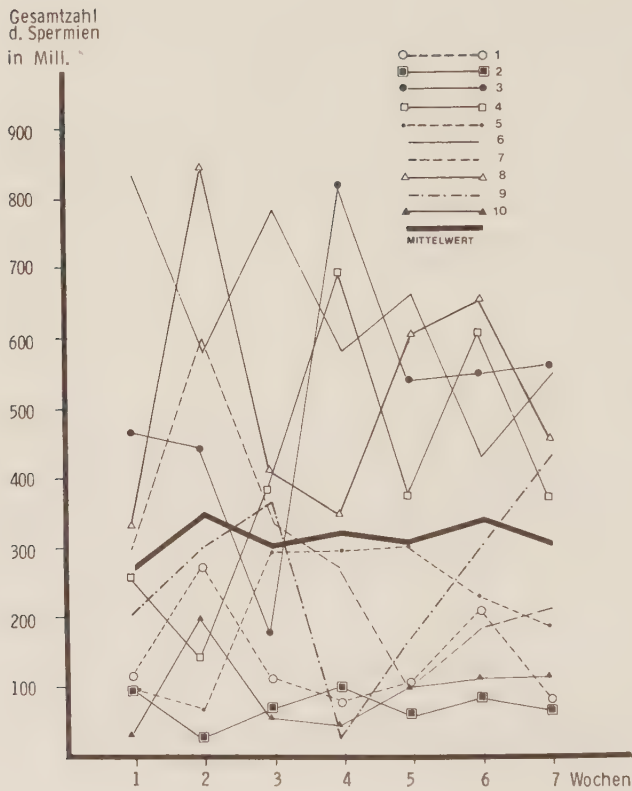


Abb. 9: Diagramme der Gesamtspermatozoen der  
10 Probanden mit Darstellung der Mit-  
telwertkurve

#### 4.6. Motilität und Vitalität (Eosintest) der Spermatozoen im Ejakulat

Normalerweise sind 60 - 95 % der Spermien gut beweglich. Eine Bewegungseinschränkung kann u. a. die Folge von Wärmeschäden sein (24).

Die Temperaturerhöhung durch die UV/IR-Bestrahlung unserer Versuchsreihe schien die Bewegungsfähigkeit der Spermien nicht zu hemmen; die Mittelwerte bewegten sich mit geringen Abweichungen um die 68 %.

Ebenso litt die Vitalität der Spermien nicht unter der Bestrahlung (Tab. VI, Abb. 10).

Tab. VI: Motilität und Vitalität der Spermatozoen der 10 Probanden (in %).

( a = Motilität, b = Vitalität

| Spermio-<br>grammnr. |   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  |
|----------------------|---|----|----|----|----|----|----|----|
| Proband 1            | a | 66 | 60 | 68 | 70 | 60 | 72 | 65 |
|                      | b | 20 | 27 | 23 | 18 | 35 | 22 | 25 |
| 2                    | a | 62 | 63 | 61 | 55 | 60 | 67 | 60 |
|                      | b | 35 | 34 | 39 | 40 | 37 | 26 | 34 |
| 3                    | a | 62 | 74 | 73 | 70 | 75 | 81 | 75 |
|                      | b | 34 | 23 | 19 | 25 | 19 | 10 | 21 |
| 4                    | a | 74 | 70 | 76 | 80 | 68 | 69 | 70 |
|                      | b | 24 | 27 | 16 | 14 | 28 | 23 | 22 |
| 5                    | a | 68 | 70 | 81 | 75 | 67 | 75 | 72 |
|                      | b | 27 | 20 | 19 | 15 | 25 | 17 | 22 |
| 6                    | a | 79 | 70 | 70 | 74 | 70 | 87 | 68 |
|                      | b | 22 | 23 | 22 | 25 | 26 | 10 | 27 |
| 7                    | a | 65 | 55 | 59 | 50 | 48 | 53 | 60 |
|                      | b | 32 | 40 | 40 | 50 | 43 | 42 | 33 |
| 8                    | a | 72 | 55 | 73 | 64 | 73 | 68 | 73 |
|                      | b | 25 | 41 | 23 | 13 | 20 | 26 | 21 |
| 9                    | a | 66 | 79 | 81 | 70 | 80 |    | 74 |
|                      | b | 33 | 19 | 16 | 27 | 16 |    | 19 |
| 10                   | a | 71 | 52 | 51 | 53 | 69 | 71 | 68 |
|                      | b | 26 | 32 | 20 | 25 | 20 | 13 | 23 |

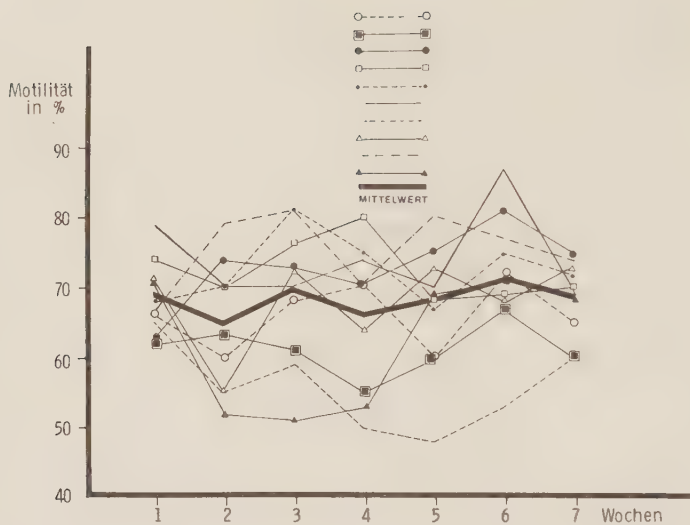


Abb. 10: Quantitative Motilität der 10 Probanden ( in %)

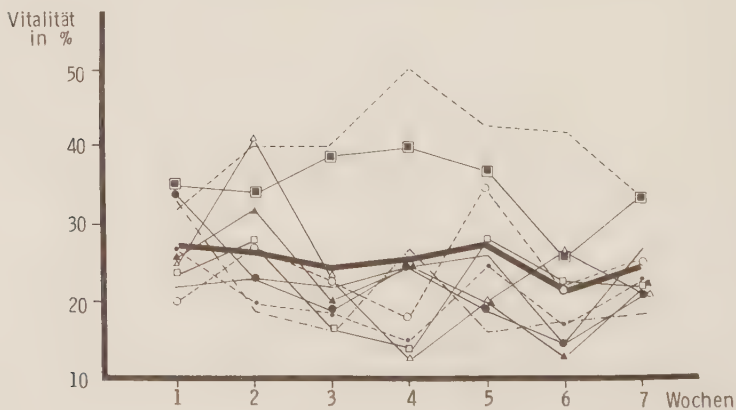


Abb. 11: Vitalität (Eosintest) der Spermatozoen (in %)

#### 4.7. pH-Werte

Die pH-Werte der Ejakulate befanden sich bei allen 10 Probanden im Normbereich (7,0 - 8,0) und änderten sich kaum (Tab. VII)

Tab. VII: pH-Werte der Ejakulate

| Spermio-<br>grammnr. |    | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   |
|----------------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Proband              | 1  | 7,5 | 7,4 | 7,5 | 7,4 | 7,5 | 7,4 | 7,5 |
|                      | 2  | 7,6 | 7,6 | 7,6 | 7,5 | 7,6 | 7,4 | 7,6 |
|                      | 3  | 7,4 | 7,4 | 7,4 | 7,4 | 7,1 | 7,0 | 7,2 |
|                      | 4  | 7,6 | 7,8 | 7,6 | 7,6 | 7,5 | 7,4 | 7,4 |
|                      | 5  | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,6 | 7,4 | 7,4 | 7,6 |
|                      | 6  | 7,3 | 7,3 | 7,2 | 7,3 | 7,2 | 7,4 | 7,3 |
|                      | 7  | 8,1 | 7,3 | 7,3 | 7,2 | 7,3 | 7,2 | 7,5 |
|                      | 8  | 7,4 | 7,6 | 7,4 | 7,2 | 7,3 | 7,2 | 7,4 |
|                      | 9  | 7,4 | 7,4 | 7,3 | 7,5 | 7,2 |     | 7,6 |
|                      | 10 | 7,4 | 7,6 | 7,6 | 7,4 | 7,2 | 7,7 | 7,5 |

#### 4.8. Fructose

Die während des Versuchsablaufes gemessenen Fructosekonz. lassen keinen Zusammenhang mit der UV/IR-Bestrahlung erkennen (Tab. VIII, Abb. 12).

Tab. VIII: Fructosekonzentrationen

| Spermio-<br>grammr. | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Proband 1           | 4,67 | 4,29 |      | 3,92 | 2,23 | 4,39 | 5,04 |
| 2                   | 1,87 | 2,15 | 1,96 | 1,49 | 2,33 | 2,05 | 1,77 |
| 3                   | 1,21 | 1,31 | 1,87 | 1,40 | 1,40 | 1,87 | 1,87 |
| 4                   | 4,20 | 3,27 | 2,33 | 3,17 | 4,20 | 2,89 | 3,17 |
| 5                   | 5,41 | 4,76 | 5,32 | 4,57 | 5,41 | 6,16 | 4,57 |
| 6                   | 2,99 | 2,99 | 2,61 | 3,17 | 2,99 | 2,80 | 2,24 |
| 7                   | 1,77 | 1,77 | 1,12 | 1,21 | 1,87 | 1,77 | 1,40 |
| 8                   | 4,57 | 2,99 | 3,92 | 4,48 | 4,85 | 2,99 | 3,36 |
| 9                   | 1,87 | 2,05 | 1,68 | 2,33 | 1,40 |      | 1,68 |
| 10                  | 5,69 | 2,33 | 4,20 | 3,64 | 5,60 | 3,36 | 3,45 |

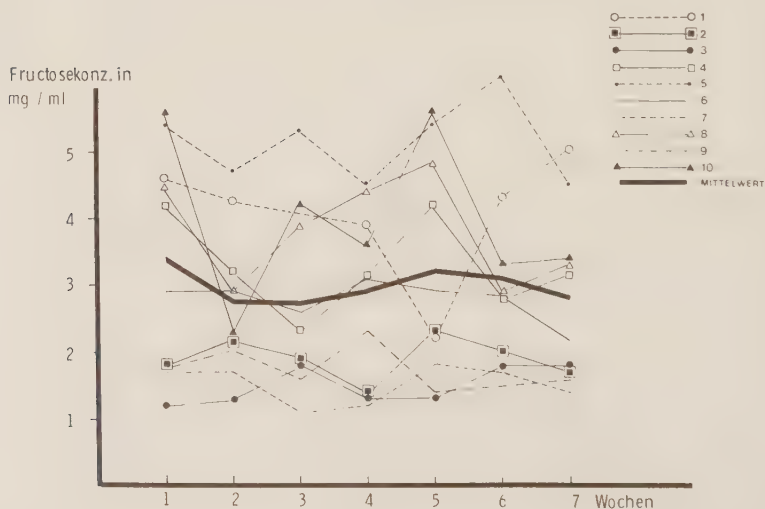


Abb. 12: Fructosekonzentrationen

#### 4.9. Temperatur

Bei einem Probanden wurde die skrotale Temperatur während einer 30-minütigen Bestrahlung gemessen. Die Temperatursteigerung in der Rückenlage betrug  $4,5^{\circ}\text{C}$ , womit die höchst skrotale Temperatur ( $37^{\circ}\text{C}$ ) überhaupt erreicht wurde (Abb. 13).



Abb. 13: Skrotaler Temperaturverlauf während einer 30-minütigen Bestrahlung

## 5. Diskussion

### 5.1. Zusammenfassung der Ergebnisse

#### 5.1.1. UV-Sensibilität der Probanden

Die Probanden hatten eine unterschiedliche Lichtempfindlichkeit, deshalb erschien uns eine Einteilung der Probanden in drei Gruppen mit unterschiedlicher UV-Empfindlichkeit (hoch, mittel, niedrig) zweckmäßig, um die individuelle Lichtempfindlichkeit zu berücksichtigen.

Die unterschiedliche Empfindlichkeit gegen das UV ist durch die verschiedene Dicke der Hornschicht bedingt, und deren reaktive Verbreiterung aufgrund einer Zellproliferation nach UV-Bestrahlung ist die Ursache der Lichtgewöhnung (3). Die Pigmentbildung ist eine häufig parallel laufende Erscheinung und stellt keinen Schutz gegen das UV dar, da bei der weißen Rasse das dafür verantwortliche Melanin in der Epidermis nur in den Basalzellen abgelagert wird, welche von den ultravioletten Strahlen nicht mehr erreicht werden (3).

#### 5.1.2. Spermatologische Ergebnisse

Aus dem Vergleich der vorliegenden Spermiogramme läßt sich ein Einfluß der durchgeführten UV-IR-Ganzkörperbestrahlung nicht ersehen. Lediglich bei den Probanden mit niedriger und mittlerer UV-Sensibilität ist in der 4. Woche der Versuchsreihe eine geringe Fluktuation der Spermatozoenkonzentration zu beobachten. So sinkt sie bei den Probanden mit niedriger UV-Sensibilität etwas ab (von ca. 70 Mill./cm<sup>3</sup> auf 40 Mill./cm<sup>3</sup>) und steigt gleichzeitig bei den Probanden mit mittlerer UV-Empfindlichkeit an (von ca. 75 Mill./cm<sup>3</sup> auf 130 Mill./cm<sup>3</sup>).

Der Durchschnitt der Spermatozoenkonzentration aller Probanden, derer mit einer relativ hohen, bzw. relativ niedrigen Spermiedichte als auch der Gesamtspermienzahlen war ziemlich stabil ohne auffällige Fluktuationen.

Die Mittelwerte der Ejakulatmengen schwankten um 5 ml und lagen demnach im Normalbereich (24). Die Viskosität der Ejakulate, die in erster Linie abhängig ist von der Zusammensetzung des jeweiligen Samenblasensekrets (24) lag im Bereich der Norm ebenso wie die Durchschnittsmotilität ( $\sim 68\%$ ) und die Vitalitätswerte ( $\sim 25\%$ ). Die pH-Werte, die vom Anteil des alkalischen Samenblasen- und Hodensekretes sowie des sauren Prostata- und Nebenhodensekretes (24) bestimmt werden, blieben bei allen Probanden relativ konstant und befanden sich zwischen pH 7 und pH 8. Auch die Fructosekonzentration war im Schnitt konstant ( $\sim 3,0$  mg/ml).

## 5.2. Intraindividuelle Variation der Parameter

Die bei fast allen Versuchspersonen beobachtete hohe intraindividuelle Variation der Parameter ist nach JECHT und WELTZER (18) physiologisch. Sie bestimmten bei 133 Personen die "absolute" Spannweite (Diff. zwischen Maximal- und Minimalwert, "Range"). Bei der Spermiedichte (max. Range  $998 \times 10^6/\text{ml}$ , Median der Range  $66,5 \times 10^6/\text{ml}$ ), bei der Spermienmotilität (max. Range  $70\%$ , Median der Range  $33\%$ ) als auch bei der Gesamtspermienanzahl (max. Range  $3902 \times 10^6/\text{ml}$ , Median der Range  $253 \times 10^6/\text{ml}$ ) fanden sie eine hohe intraindividuelle Variation während sich beim Volumen (max. Range 8 ml, Median der Range 2,9 ml) eine mittlere intraindividuelle Variation ergab.

Die von uns gefundenen Werte für die Spermiedichte (max. Range  $142 \times 10^6/\text{ml}$ , Median der Range  $59,3 \times 10^6/\text{ml}$ ), die Spermienmotilität (max. Range 20 %, Median der Range 16 %), das Volumen (max. Range 3,2 ml, Median der Range 1,7 ml) und die Gesamtspermienzahl (max. Range  $642,5 \times 10^6/\text{ml}$ , Median der Range  $407 \times 10^6/\text{ml}$ ) passen durchaus in diesen Rahmen und erklären die hohe intraindividuelle Variation der Parameter.

Um die Variabilität der Parameter nicht durch kurze Karenzzeiten noch weiter zu vergrößern sollten die Probanden eine mindestens 3-tägige Karenz einhalten, da nach Untersuchungen nach MACLEOD und GOLD (25) sowie von SCHIRREN (34), die den Zusammenhang zwischen sexueller Karenz und Spermatozoendichte erforscht haben, diese ab dem 3. Karenztag erst eine gewisse Stabilisierung erfährt.

Andere Faktoren, wie eine unvollständige Ejakulation oder Fehlerquellen bei der Laboruntersuchung, die nach HOTCHKISS (14) ebenfalls für intraindividuelle Schwankungen der Parameter verantwortlich sein können, spielten bei unserer Untersuchung wahrscheinlich keine grössere Rolle als bei ähnlichen Versuchsreihen.

### 5.3. Direkte Wirkung der UV/IR-Strahlung

Eine direkte Einwirkung der UV-Strahlen im Sinne einer photochemischen Umwandlung auf die Zellen der Spermato-genese konnte nicht erwartet werden, da die äußerst geringe Halbwertstiefe der verwendeten elektromagnetischen Strahlen eine direkte Lichtwirkung nur in den äußersten Hautschichten erlaubt. Die UV-Strahlen werden also bereits in der Epidermisschicht des Skrotums absorbiert bzw. re-

flektiert; die Zellen der Spermatogenese in den Tubuli seminiferi werden von ihnen also auf jeden Fall nicht erreicht. Die Energie des IR-Lichts ist zu schwach für photochemische Prozesse, als daß diese in diesem Zusammenhang diskutiert werden müßten.

Unser Interesse galt deshalb in erster Linie der Frage, ob die Temperaturerhöhung, die mit den UV/IR-Strahlern erzielt wurde, die Spermatogenese beeinflusste.

Zahlreiche Autoren, wie ROBINSON, ROCK, MENKIN (31), MACLEOD (26), YOUNG (49), WATANABE (42), haben nachgewiesen, daß ein Ansteigen der Hodentemperatur durch äußere Hitzezufuhr zu einem Rückgang der Spermiedichte führt. Untersuchungen von MACLEOD und ROBINSON haben ergeben, daß ein Abfall der Spermiedichte nicht früher als 3 Wochen nach Hitzezufuhr eintritt. Es genügt in der Regel, die Temperatur des Skrotums an zwei aufeinanderfolgenden Tagen 30 Minuten lang auf etwa 45°C zu erhöhen, um in einem Zeitraum von 5 - 6 Wochen eine Erniedrigung der Spermatozoendichte im Ejakulat hervorzurufen, wobei ein Rückgang der Spermienzahl unter 20 Mill./cm<sup>3</sup> 2 bis 6 Wochen andauert und der ursprüngliche Level nach ca. 11 bis 13 Wochen wieder erreicht wird (42).

Nachdem von WAITES (41) eine Parallelität zwischen skrotaler Temperatur und Hodentemperatur festgestellt worden war, genügte uns eine Messung der skrotalen Hauttemperatur. Wir erzielten bei unserer Versuchsdurchführung durch die Wärmewirkung der UV/IR-Strahler eine Temperatursteigerung der Oberfläche des Skrotums von 4,5°C auf 37°C - die Hodentemperatur bei Männern liegt einige Grade (3,5 - 4°C) unter der des Körpers (17) - nach 15-minütiger Bestrahlung

in Rückenlage, während bei anschließender Bestrahlung in Bauchlage die Temperatur wieder leicht abfiel.

Für die Temperaturerhöhung durch Strahlung ist die von der Haut absorbierte Energie verantwortlich, die nicht für photochemische Reaktionen verbraucht wird. Diese Energie, d. h. Wärme, wird v. a. von den längeren welligen IR-Strahlen erzeugt.

Eine unter unseren Versuchsbedingungen nicht meßbare eventuelle reaktive Temperatursteigerung nach UV-Erythem, wie sie LIPPCROSS (23) in Gewebstiefen bis zu 40 mm am Bein nachgewiesen hat, kann auch für das Hodenparenchym nicht ganz ausgeschlossen werden.

Unsere Ergebnisse lassen im Prinzip keinen Einfluß der Temperatur im Sinne einer Reduzierung der Spermatozoenkonzentration erkennen. Sie stimmten mit den Ergebnissen von WATANABE überein, der gefunden hat, daß geringfügige Temperatursteigerungen von ca. 33 auf 37°C, wie sie während unserer Bestrahlungszeiten erzielt wurden, keine Wirkungen auf die Spermatogenese zeigen. Die geringe Fluktuation der Spermindichte nach unten bei Probanden mit niedriger UV-Sensibilität in der 4. Woche ist wohl eher zufällig bedingt, da der Ausgangswert bereits in der darauffolgenden Woche wieder erreicht wurde. Im Gegensatz dazu dauerte es bei anderen Untersuchungen wesentlich länger bis der Ausgangswert wieder erreicht wurde (s.o.).

#### 5.4. Indirekte Wirkung der UV/IR-Strahlung

Die Stimulation bzw. Inhibition der Spermatozoenproduktion wird durch einen hormonellen Regulationsmechanismus gesteuert: als zentrale Leitstelle wirkte der Hypothalamus,

der durch das von ihm produzierte GnRH den Hypophysenvorderlappen zur Bildung der gonadotropen Hormone LH und FSH anregt, wobei FSH für den Aufbau der Spermatogenese verantwortlich ist (17).

GIERSBERG (9) beschrieb u. a. den regulierenden Einfluß einer kombinierten UV/IR-Bestrahlung auf das vegetative Nervensystem, der sich via Hypophyse auch auf den Hormonhaushalt auswirkt. Ein Einfluß auf die Spermatogenese war allerdings aufgrund unserer Ergebnisse nicht zu bestätigen; die Probanden mit einer relativ niedrigen Spermatozoenkonzentration konnten ihre Werte durch die Bestrahlung nicht verbessern.

Jedoch war das Probandenkollektiv zu klein, um endgültige Aussagen treffen zu können; v. a. die notwendige Unterteilung in Subkollektive mit dann nur zwei oder drei Probanden machte eine Interpretation der erhaltenen Werte schwierig.

## 6. Zusammenfassung

Wir bestrahlten sechs Wochen lang 2mal wöchentlich 10 Probanden mit einem UV/IR-Strahler und werteten jede Woche die Spermioogramme aus. Die Probanden wurden in 3 Gruppen mit unterschiedlicher Lichtempfindlichkeit (hoch, mittel, niedrig) eingeteilt, um bei jedem eine ähnliche Erythemstärke zu erzielen.

Bei keinem der Parameter der Spermioogramme (Spermien-dichte, Gesamtspermienzahl, Motilität, Vitalität, Ejakulatmenge, Fructose, pH-Wert) konnte eine Beziehung zur Bestrahlung hergestellt werden.

Eine direkte Wirkung aufgrund photochemischer Umwandlungen der Zellen der Spermatogenese ist wegen der geringen Penetrationsfähigkeit der verwendeten Strahlen nicht möglich. Die Temperaturerhöhung durch die UV/IR-Strahler war bei unserer Versuchsdurchführung zu gering, um eine Reduzierung der Spermatozoenkonzentration hervorzurufen, wie sie bei stärkerer Erwärmung des Hodens ansonsten zu beobachten ist.

Eine indirekte Wirkung der UV/IR-Bestrahlung im Sinne einer Beeinflussung der Spermatogenese via vegetatives Nervensystem → Hypophyse → Sexualhormone konnte von uns nicht festgestellt werden.

## 7. Literaturverzeichnis

1. BISONETTE, I.H. and A.G. CSECH:  
Eggs by pheasants and quail inducet by night-lighting.  
Science 83, 392 (1936)
2. BLUM, H. F.: The physiological effects of sunlight  
on man.  
Physid. Rev. 25, 483 (1945)
3. BODE, H.G. und G.W. KORTING: Haut- und Geschlechts-  
krankheiten, Band II: Kap. Strahlentherapie der Haut-  
krankheiten v. H.G.Bode, S. 783
4. DRURY, A.N.: The physiological activity of nuclein  
acid and its derivatives.  
Physiol. Rev. 16, 292 (1942)
5. DULBECCO, R.: Photoreactivation. In: Radiation Biology,  
Vol. 2., Chap. 12. Edit. by A.Hollaender New York:  
McGraw Hill Book Comp. 1955
6. ELLINGER, F.: The biologic fundamentals of radiation  
therapy. New York: Elsevier 1941
7. ERDMANN, K., H.LANGHOF, F. MARKWARDT, K.REPKE, G.URBAN  
und P. WELS: Reduktions- und Oxydationswirkungen bei  
den medizinischen Lichtwirkungen.  
Forsch. Fortschr. 28, 257 (1954)
8. FRAHM, M., E. POEPPING und K. SOEHRING: Persönliche  
Mitteilung zit. nach (20).
9. GIERSBERG, H.: Der Einfluß einer kombinierten UV- und  
IR-Strahlung auf den Menschen.  
Strahlentherapie 86, 153 (1952)

10. GIERSBERG, H.: Über biologische Wirkung optischer Strahlen.  
Arch. physik. Therapie 5, 71 (1953)
11. GIESE, A. C.: Action of ultraviolet radiation on protoplasm.  
Physiol. Rev. 30, 431 (1950)
12. GREB, E.: Neuere Ergebnisse der UV-Wirkung auf das Blutbild (Erythrocytenzahl).  
Strahlentherapie 91, 367 (1953)
13. HOLLAENDER, A.: Radiation Biology. Vol. II: Ultraviolet and related radiations. 1955. Vol. III: Visible and near visible light. 1956.  
New York: McGraw-Hill Book Comp.
14. HOICHKISS, R.S.: Factors in stability and variability of semen specimens.  
J. Urol. 45, 875 (1941)
15. IPPEN, H.: "Grundlagen der Lichtwirkung auf Haut und Gesamtorganismus."  
Zeitschrift f. Physikal. Medizin 2, 149 (1971)
16. ISHII, Y.: Studies on the ray sensibility of the skin. I. On the erythema index of the healthy man's skin.  
Shikoku Acta med. 5, 384 (1954)
17. JECHT, E., W. KIESSLING und P. UDE: "Grundriß der Andrologie für die Praxis", Folia Ichthyolica, Heft 18: 3. neubearbeitete Auflage, Ichthyol-Gesellschaft Cordes Hermann & Co., Hamburg, 1979

18. JECHT, E. und W. WELTZER: Die intraindividuelle Schwankung der Samenqualität.  
In: Physiologie und Pathologie der Fortpflanzung, hrsg. von K.Semm, H.Tillmann, W.Gehring, L.Mettler, Eimannsberger, München, 1982 (S. 27).
19. KAPLAN, R.W.: Genetische Wirkungen durch UV und Licht. Strahlentherapie 86, 157 (1952)
20. KIMMIG, J., A. WISKEMANN: Lichtbiologie und Lichttherapie. In: Handb. der Haut- u. Geschlechtskrankheiten, hrsg. von A.Marchionini, C.G.Schirren, Erg. Wergk, Bd. V/2, Springer, Berlin 1959 (S.1021-1141)
21. KOWARSCHIK, J.: Schmerzstillung durch physikalische Therapie.  
Wien. klin. Wschr. 1953, 108
22. LEHMANN, G. und A. SZAKALL: Versuche über die Hebung der Leistungsfähigkeit durch Ultraviolettbestrahlung. Arbeitsphysiologie 13, 101 (1944)
23. LIPPCROSS, O.: Gewebstemperaturen. II. Mitt. Gewebsthermometrische Untersuchungen über die Wirkung physikalisch-naturheilkundlicher Behandlungsverfahren.  
Z. klin. Med. 141, 485 (1942)
24. LUDVIK, W.: Andrologie: Eine Einführung.  
Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1976
25. MACLEOD, J. und R.Z.GOLD: The male factor in fertility and infertility. II. Spermatozoon counts in 1000 men of known fertility and in 1000 cases of infertile marriage.  
J. Urol. 66, 436 (1951)

26. MACLEOD, J. and R.S. HOTCHKISS: The effect of hyperpyrexia upon spermatozoa counts in men. Endocrinology 28, 780 (1941)
27. MIESCHER, G.: Arch. Derm. Syph. (Berl.) 180 238, 272 (1940)
28. MIESCHER, G.: Die Schutzfunktionen der Haut gegenüber Lichtstrahlen. Strahlentherapie 39, 601 (1931)
29. MIESCHER, G. und H. MINDER: Untersuchungen über die durch langwelliges UV hervorgerufene Pigmentdunkelung. Strahlentherapie 66, 6 (1939)
30. RAJEWSKY, B.: Diskussionsbeitrag zum Vortrag Holtz: Pharmakologie der ultravioletten Strahlung. Strahlentherapie 83, 145 (1950)
31. ROBINSON, D., J. ROCK and M. MENKIN: Control of human spermatogenesis by induced changes of intrascrotal temperature. J. Amer. Med. Assoc. 204, 280 (1958)
32. ROTHMAN, St.: Physiologische und pathologische Verhornung. Arch. Derm. Syph. (Berl.) 200, 23 (1955)
33. SAIDMAN, J.: Die Schwankungen der Hautempfindlichkeit und ihre Bedeutung für die praktische Lichttherapie. Strahlentherapie 45, 86 (1932)
34. SCHIRREN, C.: Praktische Andrologie, Verlag Brüder Hartmann, Berlin 1971, S. 22
35. SCHULZE, R.: Gewöhnung und Umstimmung der menschlichen Haut bei Bestrahlung mit Sonne und Ultravitaluxlampe. Strahlentherapie 86, 51 (1952).

36. SCHUTH, E., R. LANDSCHUTZ u. U. IRMER: Höhensonnen-  
ausgleichsbestrahlungen für Bergleute. Vorläufige Er-  
fahrungen und Ergebnisse der Bestrahlungsanlage auf der  
Kruppe-Zeche Amalie.  
Dtsch. med. Wschr. 1940, 656
37. SEIDL, E.: Der Einfluß der UV-Bestrahlung auf  
den Kohlenhydrat- und Phosphatstoffwechsel beim  
Menschen. 5. Hanauer UV-Tag. 1959
38. SPELLENBERG, B.A.E.: Sportliche Leistungssteigerung  
durch systematische UV-Bestrahlung.  
Strahlentherapie 88, 567 (1952)
39. SPODE, E.: Untersuchungen über die Strahlenreaktion  
des Blutes. VI. Veränderungen des peripheren Blutbil-  
des nach UVB-Bestrahlung.  
Strahlentherapie 99, 482 (1956)
40. URBAN, G.: Entgiftungsvorgänge in der bestrahlten Haut.  
Strahlentherapie 76, 12 (1947)
41. JOHNSON, W.R., GOMES and N.L. VAN DEMARK, edit.,  
Academic Press, New York 1970, Vol. 1. p. 241
42. WATANABE, A.: The Effekt of Heat on the Human Sperma-  
togenesis.  
Kyushu J. Med. Sci. 10, 101 (1959)
43. WELS, P.: Lichtwirkungen in pharmakologischen und  
physiologischen Zusammenhängen.  
Strahlentherapie 90, 325 (1953)
44. WELS, P.: Pharmakologische Probleme der Heliotherapie.  
Strahlentherapie 86, 8 (1952)

45. WELS, P.: Über eine katalytische Lichtwirkung in der Haut.  
Strahlentherapie 66, 677 (1939)
46. WETTERAUER, U., H.-J. HEITE: Eine empfehlenswerte Methode zur gleichzeitigen enzymatischen Bestimmung von Citrat und Fructose im Seminalplasma.  
Akt. Dermatol. 2, 239 (1976)
47. WINDAUS, A., H. LETTRE und F. SCHENK: Über das 7-Dehydro-cholesterin. Justus Liebigs Ann. Chem. 520, 98 (1935) zit. nach (20).
48. WISKEMANN, A. und H. WISSER: Die Beziehung der direkten Pigmentierung zur Konstitution.  
Strahlentherapie 99, 594 (1956)
49. YOUNG, W.C.: The influence of high temperature on the guinea pig testes.  
J. Exper. Zoöl. 49, 459 (1927)
50. ZIERZ, P.: UV-Strahlen in Gottron H.A., W. Schönfeld, Dermatologie und Venerologie, Band II, Teil I. S. 223

Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn  
Oberarzt Dr.med. E. JECHT für die Über-  
lassung des Themas und für seine jeder-  
zeit bereitwillig gewährte Unterstützung.

Herrn Tomek bin ich für seine Hilfe bei  
den graphischen Darstellungen dankbar,  
ebenso Frau Ruscher für die Abschrift  
des Manuskriptes.

Nicht zuletzt bin ich meinen Kommilitonen  
zu Dank verpflichtet, die sich als Proban-  
den zur Verfügung stellten.

## Lebenslauf

Name: Witt

Vorname: Wolfgang, Lorenz

Geburtsdatum: 07. 04. 1956

Geburtsort: Windischeschenbach

Konfession: römisch-katholisch

Familienstand: ledig

Eltern: Johann Witt, geb. 22.06.1917, Rentner  
Anna Witt, geb. 08.06.1926, Hausfrau

Schulbildung: 1962-1968 Besuch der Volksschule in  
Windischeschenbach  
1968-1972 Besuch der Realschule in  
Neustadt / WN.  
1972-1975 Besuch des Keplergymnasiums  
Weiden  
Juni 1975 Erlangung der Allgemeinen  
Hochschulreife

Wehrdienst: Juli 1975 - September 1976 bei der Luftwaffe

Studium: WS 1976 - SS 1977 Studium der Mathematik  
an der Universität Regensburg  
WS 1977 - SS 1982 Studium der Zahnmedizin  
an der Friedrich-Alexander Universität  
Erlangen-Nürnberg

Prüfungen: August 1978 Naturwissenschaftliche Vor-  
prüfung  
April 1980 Zahnärztliche Vorprüfung  
Dezember 1982 Zahnärztliche Prüfung

Berufliche  
Tätigkeit: Ab Mai 1983 als Assistenz Zahnarzt bei  
Dr. Uwe Hradetzky, Dietfurt



